

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑩ DE 196 26 042 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 60 T 8/26  
B 60 T 8/32  
B 62 D 37/00

②1 Aktenzeichen: 196 26 042.6  
②2 Anmeldetag: 28. 6. 96  
④3 Offenlegungstag: 9. 1. 97

DE 196 26 042 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
29.06.95 JP 163861/95

⑦1 Anmelder:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

⑦2 Erfinder:  
Sugimoto, Yoichi, Wako, Saitama, JP; Urai,  
Yoshihiro, Wako, Saitama, JP; Kubonoya, Hideki,  
Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug

⑤7 Es wird ein Bremskraftverteilungs-Steuerverfahren vorgeschlagen, welches die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern bei einem Fahrzeug dadurch steuert, daß das Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für Vorder- und Hinterradbremzen anhand von Differenzen zwischen Vorder- radgeschwindigkeiten und Hinterradgeschwindigkeiten reguliert wird. Wenn ein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung festgestellt wird, wird das Bremsflüssigkeitsdruckverteilungsverhältnis für die hinteren Bremsen im Vergleich dazu verringert, daß kein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung erfaßt wird. Wenn somit während einer plötzlichen Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs gebremst wird, kann ein plötzlicher Anstieg der Gierrate verhindert werden und das Lenkstabilitätsverhalten des Fahrzeugs verbessert werden.

DE 196 26 042 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug. Die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern wird dadurch gesteuert, daß ein Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für Vorder- und Hinterradbremse anhand einer Differenz zwischen Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten reguliert wird.

Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern mit dem Ziel, die Differenz zwischen den Vorder- und Hinterrädern zu beseitigen und eine ideale Bremskraftverteilung zu erhalten, sind z. B. aus der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 51-26584 und der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 6-144178 bekannt.

Bei diesen bekannten Verfahren werden optimale Bremskräfte, die auf die Vorder- und Hinterräder aufgebracht werden, entsprechen, dadurch bereitgestellt, daß die Steuerung der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern mit dem Ziel durchgeführt wird, die Differenz zwischen den Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten zu beseitigen. Dies geschieht auf Grundlage des folgenden Prinzips: Wenn für einen Reifen, der von der Straßenoberfläche eine vertikale Widerstandskraft (engl.: "vertical drag force")  $N$  erfährt, eine Bremskraft  $B$  erzeugt wird, läßt sich eine Schlupfrate  $\lambda$  des Reifens in einem sehr kleinen Bereich durch die folgende Gleichung stark vereinfacht darstellen:

$$\lambda = K \times (B/N) \text{ (worin } K \text{ eine Konstante ist).}$$

Die ideale Bremskraftverteilung soll gewährleisten, daß die Bremskräfte der Vorder- und Hinterräder proportional zur vertikalen Widerstandskraft sind. Daher können die Schlupfraten  $\lambda$  der Vorder- und Hinterräder gleichgemacht werden. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit durch  $V_v$  und die Radgeschwindigkeit durch  $V_w$  dargestellt wird, läßt sich die Schlupfrate  $\lambda$  nach der folgenden Gleichung bestimmen:

$$\lambda = (V_v - V_w)/V_v.$$

Wenn daher die Bremskraftverteilung so gesteuert wird, daß die Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten  $V_w$  zueinander gleich sind, können die Schlupfraten  $\lambda$  der Vorder- und Hinterräder gleichgemacht werden. Speziell erfolgt die Steuerung dadurch, daß der Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterräder so kontrolliert wird, daß die Hinterradgeschwindigkeit  $V_w$  gleich der Vorderradgeschwindigkeit  $V_v$  ist.

Bei den bekannten Verfahren wird jedoch das Gesamtverhalten des Fahrzeugs nicht in Betracht gezogen. Abhängig vom Betriebszustand des Fahrzeugs besteht demnach Raum für Verbesserungen, und zwar insbesondere hinsichtlich des Lenkstabilitätsverhaltens beim Bremsen, wenn das Fahrzeug abrupt seine Fahrtrichtung ändert.

Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug anzugeben, durch das ein plötzlicher Anstieg der Gierrate beim Bremsen während einer plötzlichen Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs vermieden und dadurch das Lenkstabilitätsverhalten verbessert ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug vorgesehen. Die Bremskraftverteilung

zwischen Vorder- und Hinterrädern wird dadurch gesteuert, daß auf Grundlage einer Differenz zwischen Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten ein Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für Vorder- und Hinterradbremse reguliert wird. Das Verfahren umfaßt die Schritte: Erfassen, ob sich das Fahrzeug in einem Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung befindet, und Verringern des Bremsflüssigkeitsdruckverhältnisses für die Hinterradbremse, wenn ein solcher Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung erfaßt wird, gegenüber dem Fall, daß kein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung erfaßt wird.

Wenn bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung während einer plötzlichen Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs gebremst wird, wird die Bremskraft für die Hinterräder unterdrückt. Auf diese Weise kann eine Verringerung der Seitenkraft auf die Reifen der Hinterräder vermieden und ein plötzlicher Anstieg der Gierrate verhindert werden. Hierdurch wird die Stabilität des Fahrzeugs sichergestellt.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird der Zustand der abrupten Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs anhand eines Vergleichs a) eines Differentiationswerts eines Produkts aus einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Gierrate der Fahrzeugkarosserie mit b) einem voreingestellten Wert ermittelt. Es ist somit möglich, der Veränderung der physikalischen Grenze der Gierrate entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Rechnung zu tragen, indem der Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs anhand des Differentiationswerts des Produkts der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Gierrate der Fahrzeugkarosserie ermittelt wird. Insbesondere kann beim Fahren mit hoher Geschwindigkeit, wo die physikalische Grenze der Gierrate niedrig ist, die Stabilität des Fahrzeugs wirksam gewährleistet werden.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Fahrzeuggeschwindigkeit auf Basis der Vorder- und/oder Hinterradgeschwindigkeiten und die Gierrate der Fahrzeugkarosserie auf Basis einer Differenz zwischen den linken und rechten Hinterradgeschwindigkeiten bestimmt. Somit wird kein teurer Sensor zur unmittelbaren Erfassung der Gierrate benötigt. Wenn die Haftung eines hinteren der inneren Räder — bei Betrachtung während einer Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs — eine Grenze erreicht, so daß Rutschen einsetzt, wird der unter Verwendung der linken und rechten Hinterradgeschwindigkeiten bestimmte Wert der Gierrate plötzlich größer. Daher kann eine kritische Situation der Hinterreifen mit größerer Empfindlichkeit als bei der direkten Erfassung der Gierrate, die auf einer Veränderung des Verhaltens der Fahrzeugkarosserie beruht, erfaßt werden. Die Steuerung kann so unvermittelt gestartet werden.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird eine Hinterradverlangsamung anhand der Hinterradgeschwindigkeiten berechnet. Die Regulierung des Bremsflüssigkeitsdruckverhältnisses wird dann unter der Bedingung durchgeführt, daß diese Hinterradverlangsamung einen voreingestellten Wert übersteigt. Auf diese Weise kann eine unnötige Steuerung erheblich wirksamer unterbunden werden, indem ein Zeitpunkt für den Beginn der Regulierung der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern festgelegt wird, der von der Situation der Hinterreifen abhängt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Flüssigkeitsdruckschaltung eines Bremssystems nach einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Anordnung einer Bremsdruckreguliereinrichtung,

Fig. 3 ein Flußdiagramm, das eine Prozedur für die Steuerung der Bremskraftverteilung darstellt,

Fig. 4 eine Darstellung der gegenseitigen Beziehung von Steuermodi und

Fig. 5 einen Zeitablaufplan.

Mit Bezug auf die Fig. 1 bis 5 wird nun eine Ausführungsform der Erfindung in Anwendung auf ein Fahrzeug mit Vorderradantrieb beschrieben. Bezugnehmend zunächst auf Fig. 1 ist dort ein Bremspedal 3 betriebsmäßig mit einem Tandem-Hauptzylinder M verbunden, der erste und zweite Ausgangsöffnungen 1 und 2 aufweist. In Antwort auf ein Drücken des Bremspedals 3 werden an den ersten und zweiten Ausgangsöffnungen 1 und 2 in dem Hauptzylinder M unabhängige Flüssigkeitsdrücke abgegeben. An die erste Ausgangsöffnung 1 ist ein erstes Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>1</sub> angeschlossen, welches eine Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>1</sub> enthält. An dieses erste Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>1</sub> sind eine an einem rechten Vorderrad W<sub>FR</sub> angebrachte rechte Vorderradbremse B<sub>FR</sub> sowie eine an einem linken Hinterrad W<sub>RL</sub> angebrachte linke Hinterradbremse B<sub>RL</sub> angeschlossen. Ein zweites Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>2</sub> mit einer Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>2</sub> ist an die zweite Ausgangsöffnung 2 angeschlossen. Mit diesem zweiten Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>2</sub> sind eine an einem linken Vorderrad W<sub>FL</sub> angebrachte linke Vorderradbremse B<sub>FL</sub> sowie eine an einem rechten Hinterrad W<sub>RR</sub> angebrachte rechte Hinterradbremse B<sub>RR</sub> verbunden. Jede der Bremsen B<sub>FL</sub>, B<sub>FR</sub>, B<sub>RL</sub> und B<sub>RR</sub> übt eine Bremskraft aus, die einem an sie angelegten Bremsflüssigkeitsdruck entspricht. Jede der Bremsen kann eine Scheibenbremse sein.

Mittels linker und rechter Vorderrad-Drehzahlsensoren S<sub>FL</sub> und S<sub>FR</sub> werden die Drehzahlen des linken und rechten Vorderrads W<sub>FL</sub> bzw. W<sub>FR</sub> erfaßt. Die Drehzahlen des linken und rechten Hinterrads W<sub>RL</sub> und W<sub>RR</sub> werden mittels linker und rechter Hinterrad-Drehzahlsensoren S<sub>RL</sub> bzw. S<sub>RR</sub> erfaßt. Die von den Drehzahlsensoren S<sub>FL</sub>, S<sub>FR</sub>, S<sub>RL</sub> und S<sub>RR</sub> erfaßten Erfassungswerte werden in eine elektronische Steuereinheit 6 eingegeben. Diese elektronische Steuereinheit 6 steuert den Betrieb der Bremsdruckreguliereinrichtungen 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> auf Grundlage der von den Drehzahlsensoren S<sub>FL</sub>, S<sub>FR</sub>, S<sub>RL</sub> und S<sub>RR</sub> erfaßten Erfassungswerte.

Bezugnehmend nunmehr auf Fig. 2 ist dort die Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>1</sub> in dem ersten Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>1</sub> ein herkömmlich bekanntes Antiblockier-Bremssteuersystem, das a) ein elektromagnetisches Zufuhrventil 7<sub>F</sub> enthält, um einen an der ersten Ausgangsöffnung 1 in dem Hauptzylinder M abgegebenen Bremsflüssigkeitsdruck an die rechte Vorderradbremse B<sub>FR</sub> anlegen zu können, ferner b) ein elektromagnetisches Zufuhrventil 7<sub>R</sub> enthält, um einen an der ersten Ausgangsöffnung 1 abgegebenen Bremsflüssigkeitsdruck an die linke Hinterradbremse B<sub>RL</sub> anlegen zu können, ferner c) ein Reservoir 8 enthält, ferner d) ein elektromagnetisches Löseventil 9<sub>F</sub> enthält, das in der Lage ist, den Bremsflüssigkeitsdruck für die rechte Vorderradbremse B<sub>FR</sub> zum Reservoir 8 hin zu lösen, ferner e) ein elektromagnetisches Löseventil 9<sub>R</sub> enthält, das in der Lage ist, den Bremsflüssigkeitsdruck für die linke Hinterradbremse B<sub>RL</sub> zum Reservoir 8 hin zu lösen, und

schließlich f) eine Pumpe 10 enthält, die in der Lage ist, ein Arbeitsfluid zurückzuleiten, das von dem Reservoir 8 zur ersten Ausgangsöffnung 1 gepumpt wird. Die elektromagnetischen Zufuhrventile 7<sub>F</sub> und 7<sub>R</sub> können jeweils zwischen einem energielosen Zustand, in dem die erste Ausgangsöffnung 1 und jede der Radbremsen B<sub>FR</sub> und B<sub>RL</sub> miteinander in Verbindung stehen, und einem erregten Zustand umgeschaltet werden, in dem der Strom der Bremsflüssigkeit von der ersten Ausgangsöffnung 1 jeweils zu den Radbremsen B<sub>FR</sub> und B<sub>RL</sub> abgeschnitten ist. Die elektromagnetischen Löseventile 9<sub>F</sub> und 9<sub>R</sub> können jeweils zwischen einem energielosen Zustand, in dem die beiden Radbremsen B<sub>FR</sub> und B<sub>RL</sub> und das Reservoir 8 nicht miteinander in Verbindung stehen, und einem erregten Zustand umgeschaltet werden, in dem die beiden Radbremsen B<sub>FR</sub> und B<sub>RL</sub> und das Reservoir 8 miteinander in Verbindung stehen.

Bei einer derartigen Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>1</sub> kann durch Steuerung der elektromagnetischen Zufuhrventile 7<sub>F</sub> und 7<sub>R</sub> und der elektromagnetischen Löseventile 9<sub>F</sub> und 9<sub>R</sub> die Antiblockier-Bremssteuerung der rechten Vorderradbremse B<sub>FR</sub> und der linken Hinterradbremse B<sub>RL</sub> durchgeführt und die Verteilung der Bremskraft zwischen der rechten Vorderradbremse B<sub>FR</sub> und der linken Hinterradbremse B<sub>RL</sub> reguliert werden.

Die Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>2</sub> in dem zweiten Bremsflüssigkeitsdrucksystem 5<sub>2</sub> ist in derselben Weise wie die Bremsdruckreguliereinrichtung 4<sub>1</sub> aufgebaut. Somit kann auch die Antiblockier-Bremssteuerung der linken Vorderradbremse B<sub>FL</sub> und der rechten Hinterradbremse B<sub>RR</sub> durchgeführt werden ebenso wie die Verteilung der Bremskraft zwischen der linken Vorderradbremse B<sub>FL</sub> und der rechten Hinterradbremse B<sub>RR</sub> reguliert werden kann.

Die elektronische Steuereinheit 6 führt eine Steuerberechnung nach der in Fig. 3 gezeigten Prozedur durch. In Schritt S1 werden linke und rechte Vorderrad-Drehzahlen  $\omega_{FL}$  und  $\omega_{FR}$  sowie linke und rechte Hinterrad-Drehzahlen  $\omega_{RL}$  und  $\omega_{RR}$  eingelesen. In Schritt S2 wird ein Korrekturfaktor für den Radius eines Reifens berechnet. Im speziellen wird ein Korrekturfaktor zur Korrektur der Veränderlichkeit des Reifenradius berechnet, indem die Drehzahlen  $\omega_{FL}$ ,  $\omega_{FR}$  und  $\omega_{RR}$  der Räder W<sub>FL</sub>, W<sub>FR</sub>, W<sub>RL</sub> und W<sub>RR</sub> verglichen werden, wenn sich das Fahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit bewegt.

In Schritt S3 werden die Radgeschwindigkeiten aller Räder W<sub>FL</sub>, W<sub>FR</sub>, W<sub>RL</sub> und W<sub>RR</sub> berechnet. Speziell werden eine linke Vorderradgeschwindigkeit V<sub>WFL</sub>, eine rechte Vorderradgeschwindigkeit V<sub>WFR</sub>, eine linke Hinterradgeschwindigkeit V<sub>WRL</sub> sowie eine rechte Hinterradgeschwindigkeit V<sub>WRR</sub> nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$\begin{aligned} V_{WFL} &= r_{FL} \times \omega_{FL} \\ V_{WFR} &= r_{FR} \times \omega_{FR} \\ V_{WRL} &= r_{RL} \times \omega_{RL} \\ V_{WRR} &= r_{RR} \times \omega_{RR} \end{aligned}$$

wobei  $r_{FL}$ ,  $r_{FR}$ ,  $r_{RL}$  und  $r_{RR}$  jeweils einen dynamischen Reifenradius des jeweiligen Rads darstellen, der sich aus der Korrektur eines voreingestellten Werts für den dynamischen Reifenradius durch den in Schritt S2 bestimmten Korrekturfaktor ergibt.

In Schritt S4 werden Differenzen  $\Delta V_L$  und  $\Delta V_R$  zwischen der linken und rechten Vorderradgeschwindigkeit und der linken und rechten Hinterradgeschwindigkeit nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$\Delta V_L = V_{WRL} - V_{WFL}$$

$$\Delta V_R = V_{WRR} - V_{WFR}$$

In Schritt S5 wird eine Hinterradverlangsamung  $G_w$  aus Beträgen der Änderung der Hinterradgeschwindigkeiten  $V_{WRL}$  und  $V_{WRR}$  zwischen Berechnungszyklen ermittelt. In Schritt S6 wird eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  als  $\{(V_{WRL} + V_{WRR})/2\}$  berechnet.

In Schritt S7 wird ein Sollwert  $\Delta V_0$  für die Differenz zwischen den Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta V_0 = \lambda \times V_v - d$$

wobei  $\lambda$  und  $d$  jeweils einen konstanten Wert bezeichnen. Wenn der Sollwert  $\Delta V_0$  für die Radgeschwindigkeitsdifferenz groß ist, wird die Bremskraftverteilungssteuerung zur Erhöhung der Hinterradgeschwindigkeiten durchgeführt, d. h. zur Erhöhung der Vorderradbremskraft.

In Schritt S8 wird festgestellt, ob sich das Fahrzeug in einem Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung befindet. Bei dieser Erfassung des Zustands einer abrupten Fahrtrichtungsänderung wird zunächst eine Gierrate  $\gamma$  des Fahrzeugs nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\gamma = (V_{WRL} - V_{WRR})/\text{Spurweite (engl.: "tread")}$$

Dann werden das Produkt  $G_Y$  der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  und der Gierrate  $\gamma$  sowie die Änderungsrate  $\Delta G_Y$  des Produkts  $G_Y$  zwischen Berechnungszyklen, d. h. ein Ableitungs- oder Differentiationswert, nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$G_Y = V_v \times \gamma$$

$$\Delta G_Y = (G_{Yn} - G_{Yn-1})/\Delta t$$

wobei  $G_{Yn}$  ein momentanes Produkt ist,  $G_{Yn-1}$  ein letztvorhergehendes Produkt ist und  $\Delta t$  ein Berechnungszyklus ist.

Wenn die Änderungsrate  $\Delta G_Y$  einen voreingestellten Wert übersteigt, erfolgt die Feststellung, daß sich das Fahrzeug in einem Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung befindet. Es wird ein Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung gesetzt. Der voreingestellte Wert ist in diesem Fall als ein Wert festgelegt, der bei üblichen Fahrtrichtungsänderungen des Fahrzeugs nur selten hervorgerufen wird, z. B. als etwa 2 g/s. Wenn somit die Gierrate  $\gamma$  während des Bremsens aufgrund einer abrupten Fahrtrichtungsänderung plötzlich ansteigt, was bewirkt, daß das Fahrzeug in eine kritische Situation gerät, wird der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung gesetzt. In einer solchen Situation nähert sich die Haftung des hinteren inneren Rades während der Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs einer Grenze. Die Innenradgeschwindigkeit nimmt plötzlich ab. Die Gierrate  $\gamma$  nimmt folglich plötzlich zu, was dazu führt, daß die Änderungsrate  $\Delta G_Y$  einen größeren Wert annimmt und der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung gesetzt wird. Dies bedeutet, daß die kritische Situation der Hinterräder mit hoher Empfindlichkeit erfaßt wird. Verglichen mit der direkten Erfassung der Gierrate durch einen Sensor kann die Steuerung somit unmittelbar gestartet werden. Nachdem der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung anfänglich gesetzt worden ist, wird dieser Merker rückgesetzt, wenn der Absolutwert des Produkts  $G_Y$  wieder

kleiner als ein bei Setzen des Merkers für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung erhaltener Wert wird oder wenn nach Setzen des Merkers für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung eine gegebene Zeit, z. B. etwa 1 Sekunde, verstrichen ist.

In Schritt S9 wird eine Berechnung von Steuerquantitäten der Bremsdruckreguliereinrichtungen 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> durchgeführt. Im Rahmen der Steuerung der Bremsdruckreguliereinrichtungen 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> wird zwischen drei in Fig. 4 gezeigten Steuermodi, nämlich einem Stoppmodus, einem Haltemodus und einem Druckerhöhungsmodus, hin- und hergeschaltet, wodurch die Bremsdruckreguliereinrichtungen 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> gesteuert werden. Der Stoppmodus ist ein Modus, bei dem keine Steuerung durchgeführt wird, d. h. bei dem der Bremsflüssigkeitsdruck vom Hauptzylinder M unmittelbar an die linke und die rechte Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  angelegt wird. Der Haltemodus ist ein Modus, bei dem der Hauptzylinder M und die Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  nicht in Verbindung miteinander stehen, um den Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  zu halten. Wenn die Betriebsart bei Erhöhung des Bremsflüssigkeitsdrucks vom Hauptzylinder M in den Haltemodus umgeschaltet wird, nimmt der Bremsflüssigkeitsdruck für die Vorderradbremse  $B_{FL}$  und  $B_{FR}$  zu, wogegen der Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  beibehalten wird. Hierdurch wird das Verhältnis der Verteilung des Bremsflüssigkeitsdrucks an den Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  kleiner. Der Druckerhöhungsmodus ist schließlich ein Modus, bei dem der Bremsdruck für die Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  langsam mit einem bestimmten Gradienten erhöht wird, indem nach und nach der Bremsflüssigkeitsdruck von dem Hauptzylinder M an die Hinterradbremse  $B_{RL}$  und  $B_{RR}$  weitergegeben wird. Der Gradient wird mit Hilfe einer PID-Berechnung auf Grundlage einer Differenz zwischen  $\Delta V_L$  oder  $\Delta V_R$  und dem Sollwert  $\Delta V_0$  für die Differenz zwischen den Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten ermittelt.

Vom Stoppmodus wird in Antwort auf den Eintritt einer ersten Bedingung in den Haltemodus umgeschaltet. Diese erste Bedingung ist, daß  $\Delta V_L$  (oder  $\Delta V_R$ ) <  $\Delta V_0$  und die Hinterradverlangsamung  $G_w$  einen ersten voreingestellten Wert  $G_1$  (z. B. 0,4 g) übersteigt oder die Hinterradverlangsamung  $G_w$  einen zweiten voreingestellten Wert  $G_2$  (z. B. 0,5 g) übersteigt, welcher größer als der erste voreingestellte Wert  $G_1$  ist.

Vom Haltemodus wird in Antwort auf den Eintritt einer zweiten Bedingung in den Stoppmodus umgeschaltet. Diese zweite Bedingung ist, daß die Bremsarbeitskraft abgenommen hat, z. B. daß die Hinterradverlangsamung gleich einem bestimmten Wert (z. B. 0,2 g) oder kleiner als dieser geworden ist oder daß das Bremsenpumpensignal AUS ist oder daß die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  gleich oder weniger als etwa 5 km/h geworden ist und im Ergebnis das Fahrzeug im wesentlichen angehalten hat.

Vom Haltemodus wird in Antwort auf den Eintritt einer dritten Bedingung in den Druckerhöhungsmodus umgeschaltet. Diese dritte Bedingung ist, daß  $\Delta V_L$  (oder  $\Delta V_R$ ) >  $\Delta V_1$  und die Hinterradverlangsamung  $G_w$  gleich oder größer als ein bestimmter Wert  $G_1$  (z. B. 0,3 g) geworden ist und darüber hinaus der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung nicht gesetzt ist.  $\Delta V_1$  ist hier ein Wert, welcher aus der Addition eines kleinen Werts (z. B. 0,3 km/h) zu dem Sollwert  $\Delta V_0$  für die Radgeschwindigkeitsdifferenz resultiert. Dies bedeutet, daß der Sollwert  $\Delta V_0$  für die Radgeschwindigkeitsdifferenz

mit einer Hysterese versehen wird, um zu verhindern, daß die Steuerung zu empfindlich wird.

Vom Druckerhöhungsmodus wird in Antwort auf den Eintritt einer vierten Bedingung in den Haltemodus umgeschaltet. Diese vierte Bedingung ist, daß  $\Delta V_L$  (oder  $\Delta V_R$ )  $< \Delta V_0$  oder die Hinterradverlangsamung  $G_w$  gleich oder größer als ein bestimmter Wert  $G_1$  (z. B. 0,2 g) geworden ist oder der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung gesetzt worden ist.

Vom Druckerhöhungsmodus wird in Antwort auf eine fünfte Bedingung in den Stoppmodus umgeschaltet. Diese fünfte Bedingung ist, daß der Druckerhöhungsmodus über eine vorbestimmte Zeitdauer hinweg, z. B. 2 Sekunden oder länger, andauert. Dies unterbindet eine nicht notwendige Tätigkeit der Bremsdruckreguliereinrichtungen 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub>, wenn die Druckerhöhungszeit bereits ausreichend lang gedauert hat, so daß der Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse B<sub>RL</sub> und B<sub>RR</sub> gleich dem vom Hauptzylinder M abgegebenen Flüssigkeitsdruck ist.

Die Arbeitsweise dieser Ausführungsform wird nachfolgend mit Bezug auf Fig. 5 erläutert. Der Merker für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung wird zu einem Zeitpunkt  $t_1$  gesetzt, wenn  $\Delta GY$ , was der Differentiationswert des Produkts  $GY$  der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  und der Gierrate  $\gamma$  ist, den voreingestellten Wert im Verlauf einer Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks übersteigt, der vom Hauptzylinder M entsprechend der Bremstätigkeit während einer Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs abgegeben wird. In Antwort auf das Setzen des Merkers für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung kann der Haltemodus gestartet werden, d. h. die Steuerung kann mit dem Ziel gestartet werden, das Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für die Hinterradbremse B<sub>RL</sub> und B<sub>RR</sub> gegenüber dem bei Nichterfassung eines derartigen Zustands einer abrupten Fahrtrichtungsänderung abzusenken. Bis zu einem Zeitpunkt  $t_2$ , wenn die Hinterradverlangsamung  $G_w$  den zweiten voreingestellten Wert  $G_2$  übersteigt, ist jedoch der Stoppmodus der Steuermodus. Zu diesem Zeitpunkt  $t_2$  wird der Steuermodus vom Stoppmodus auf den Haltemodus umgeschaltet. Mit anderen Worten wird in Abhängigkeit von der Situation der Hinterreifen ein Timing, also eine zeitliche Abfolge, für den Start der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern definiert. Eine überflüssige Steuerung wird so wirksam vermieden.

Als Folge der Umschaltung in den Haltemodus wird das Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für die Hinterradbremse B<sub>RL</sub> und B<sub>RR</sub> gegenüber demjenigen bei Nichterfassung eines Zustands einer abrupten Fahrtrichtungsänderung herabgesetzt. Die Bremskraft für die Hinterräder wird unterdrückt, wenn während einer plötzlichen Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs gebremst wird. Demnach ist es möglich, eine Verringerung der Seitenkraft der Hinterreifen zu unterdrücken und einen plötzlichen Anstieg der Gierrate zu verhindern. Hierdurch wird das Fahrzeug stabilisiert.

Zu einem Zeitpunkt  $t_3$  nach Verstreichen einer gegebenen Zeit vom Setzen des Merkers für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung an wird dieser Merker rückgesetzt. Der Steuermodus wird daher zum Zeitpunkt  $t_3$  vom Haltemodus auf den Druckerhöhungsmodus umgeschaltet, und zwar auf Grundlage des Eintritts der dritten Bedingung, d. h. auf Grundlage der Tatsache, daß  $\Delta V_L$  (oder  $\Delta V_R$ )  $> \Delta V_1$  und die Hinterradverlangsamung  $G_w$  gleich oder größer als ein bestimmter Wert (z. B. 0,3 g) ist. Außerdem ist der Merker für eine abrupte

te Fahrtrichtungsänderung nicht gesetzt. Als Ergebnis nimmt der Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse B<sub>RL</sub> und B<sub>RR</sub> nach und nach zu. Die durch die Steuerung im Haltemodus erhöhte Verteilung der Bremskraft auf die Vorderräder wird demnach auf eine geeignete Verteilung korrigiert, indem der Bremsflüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse B- und B<sub>RR</sub> erhöht wird.

Wenn außerdem wenigstens eines der Elemente der vierten Bedingung, z. B.  $\Delta V_L$  (oder  $\Delta V_R$ )  $< \Delta V_0$ , zu einem Zeitpunkt  $t_4$  erfüllt ist, schaltet der Steuermodus wieder vom Druckerhöhungsmodus in den Haltemodus um.

Bei einer derartigen Steuerung der Bremskraftverteilung ist es möglich, der Änderung der physikalischen Grenze für die Gierrate  $\gamma$  gemäß der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  dadurch Rechnung zu tragen, daß anhand des Differentiationswerts  $\Delta GY$  des Produkts  $GY$  der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  und der Gierrate  $\gamma$  ein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs erfaßt wird. Insbesondere ist es möglich, beim Fahren mit hoher Geschwindigkeit, wo die physikalische Grenze für die Gierrate  $\gamma$  niedriger ist, die Stabilität des Fahrzeugs wirksam zu gewährleisten. Da außerdem die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_v$  als Mittelwert der Vorder- und/oder Hinterradgeschwindigkeiten bestimmt wird und von der Gierrate  $\gamma$  angenommen wird, daß sie auf der Differenz zwischen der linken und rechten Hinterradgeschwindigkeit basiert, so daß ein teurer Sensor zur direkten Erfassung der Gierrate  $\gamma$  nicht erforderlich ist, und da darüber hinaus der unter Verwendung des linken und rechten Hinterrads angenommene Wert der Gierrate plötzlich ansteigt, wenn die Haftung eines hinteren inneren Rads — bei Betrachtung während der Fahrt des Fahrzeugs — einer Grenze nähert, so daß der Schlupf zuzunehmen beginnt oder Rutschen einsetzt, ist es möglich, die kritische Situation der Hinterreifen mit höherer Empfindlichkeit zu erfassen als wenn die Gierrate direkt erfaßt wird. Hierdurch kann die Steuerung sofort gestartet werden.

Als Bremsdruckreguliereinrichtung wurde ein Beispiel mit Antiblockier-Bremssteuersystem gezeigt. Es kann aber auch eine Bremsdruckreguliereinrichtung verwendet werden, die nur den Flüssigkeitsdruck für die Hinterradbremse regulieren kann. Obwohl weiterhin ein Bremsensystem mit Kreuzführung der Leitungen im obigen Ausführungsbeispiel beschrieben wurde, kann die Erfindung auch bei Bremsensystemen beliebiger anderer Leitungsführung Anwendung finden. Schließlich kann die Steuerung zur Unterdrückung des Flüssigkeitsdrucks für die Hinterradbremse bei Setzen des Merkers für eine abrupte Fahrtrichtungsänderung auch nur auf der Seite des inneren Rads — bei Betrachtung während einer Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs — durchgeführt werden.

Obwohl vorstehend eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beschrieben worden ist, ist zu verstehen, daß sich die Erfindung nicht auf diese oben beschriebene Ausführungsform beschränkt. Es können verschiedene Modifikationen vorgenommen werden, ohne von der Idee und vom Umfang der in den Ansprüchen definierten Erfindung abzuweichen.

Es wird ein Bremskraftverteilungs-Steuerverfahren vorgeschlagen, welches die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern bei einem Fahrzeug dadurch steuert, daß das Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für Vorder- und Hinterradbremse anhand von Differenzen zwischen Vorderradgeschwindigkeiten und

Hinterradgeschwindigkeiten reguliert wird. Wenn ein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung festgestellt wird, wird das Bremsflüssigkeitsdruckverteilungsverhältnis für die hinteren Bremsen im Vergleich dazu verringert, daß kein Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung erfaßt wird. Wenn somit während einer plötzlichen Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs gebremst wird, kann ein plötzlicher Anstieg der Gierrate verhindert werden und das Lenkstabilitätsverhalten des Fahrzeugs verbessert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug, wobei die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrädern dadurch gesteuert wird, daß ein Bremsflüssigkeitsdruckverhältnis für Vorder- und Hinterradbremmen anhand einer Differenz zwischen Vorder- und Hinterradgeschwindigkeiten reguliert wird, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:  
Feststellen, ob sich das Fahrzeug in einem Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung befindet, und Verringern des Bremsflüssigkeitsdruckverteilungsverhältnisses für die hinteren Bremsen, wenn ein solcher Zustand einer abrupten Fahrtrichtungsänderung festgestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zustand der abrupten Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs anhand eines Vergleichs eines Differentiationswerts eines Produkts aus einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Gierrate der Fahrzeugkarosserie mit einem voreingestellten Wert festgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit auf den Vorder- und/oder Hinterradgeschwindigkeiten basiert und daß die Gierrate der Fahrzeugkarosserie auf einer Differenz zwischen den linken und rechten Hinterradgeschwindigkeiten basiert.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß anhand der Hinterradgeschwindigkeiten eine Hinterradverlangsamung berechnet wird und daß die Regulierung des Bremsflüssigkeitsdruckverteilungsverhältnisses unter der Bedingung durchgeführt wird, daß diese Hinterradverlangsamung einen voreingestellten Wert übersteigt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der in Anspruch 2 genannte voreingestellte Wert 2 g/s beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zustand der abrupten Fahrtrichtungsänderung verworfen wird, wenn der Absolutwert des Differentiationswerts des Produkts aus Fahrzeuggeschwindigkeit und Gierrate der Fahrzeugkarosserie kleiner als der Wert bei Feststellung des Zustands der abrupten Fahrtrichtungsänderung ist oder wenn eine vorbestimmte Zeit verstrichen ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

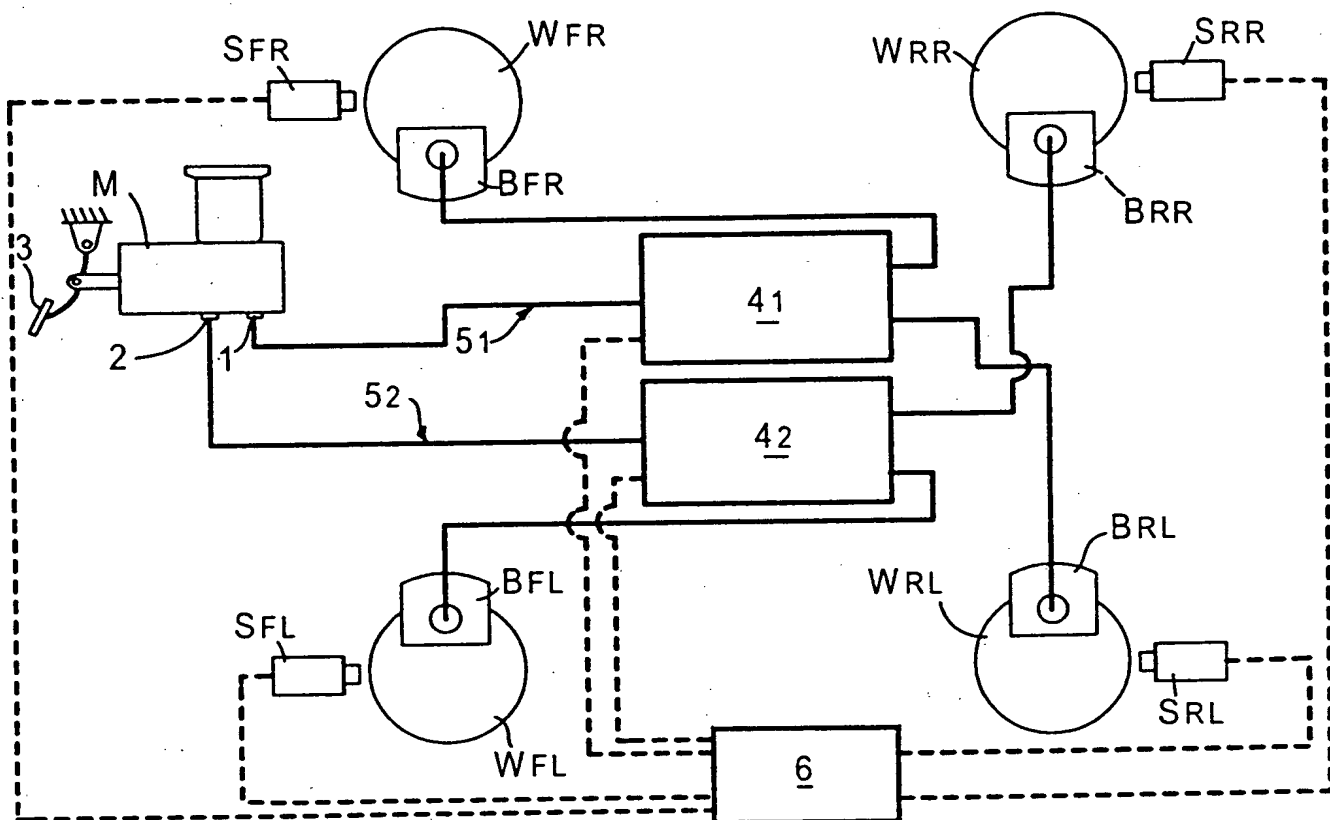




FIG.2

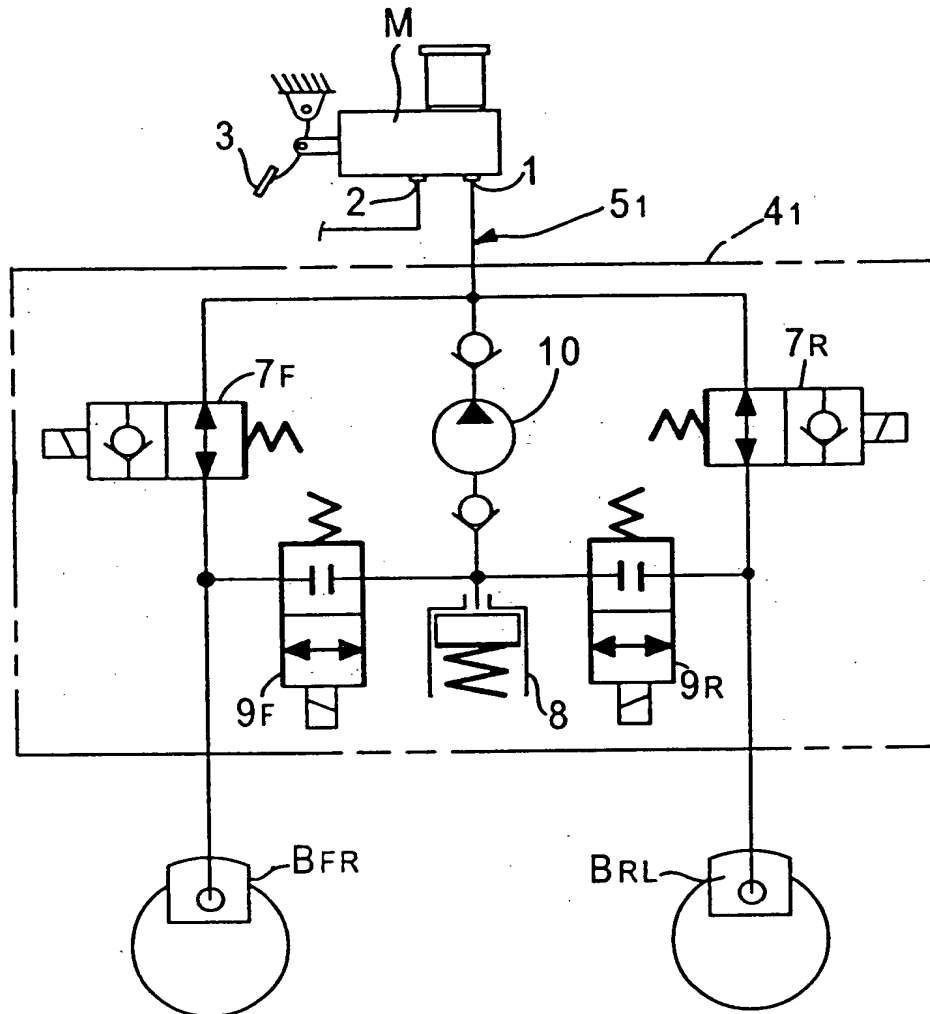


FIG.3

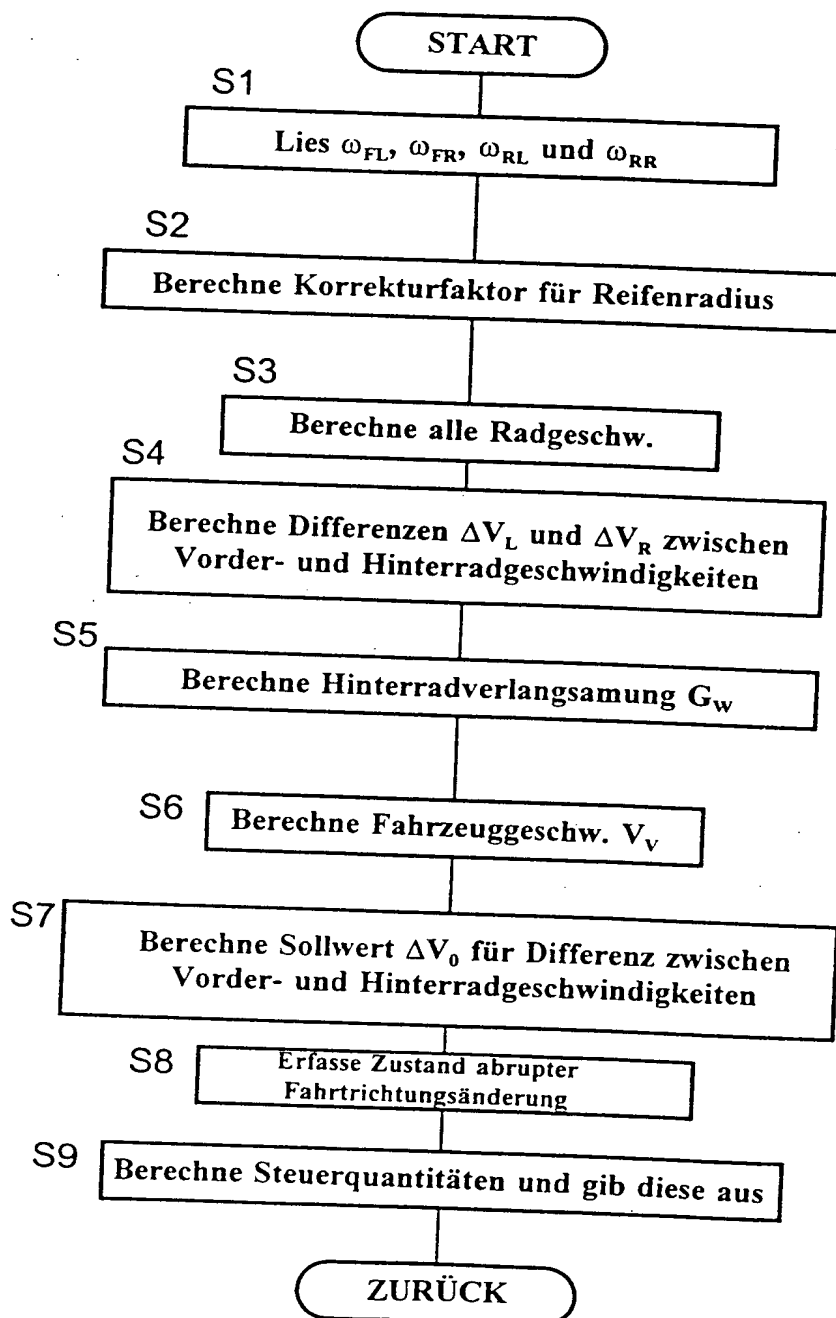


FIG.4

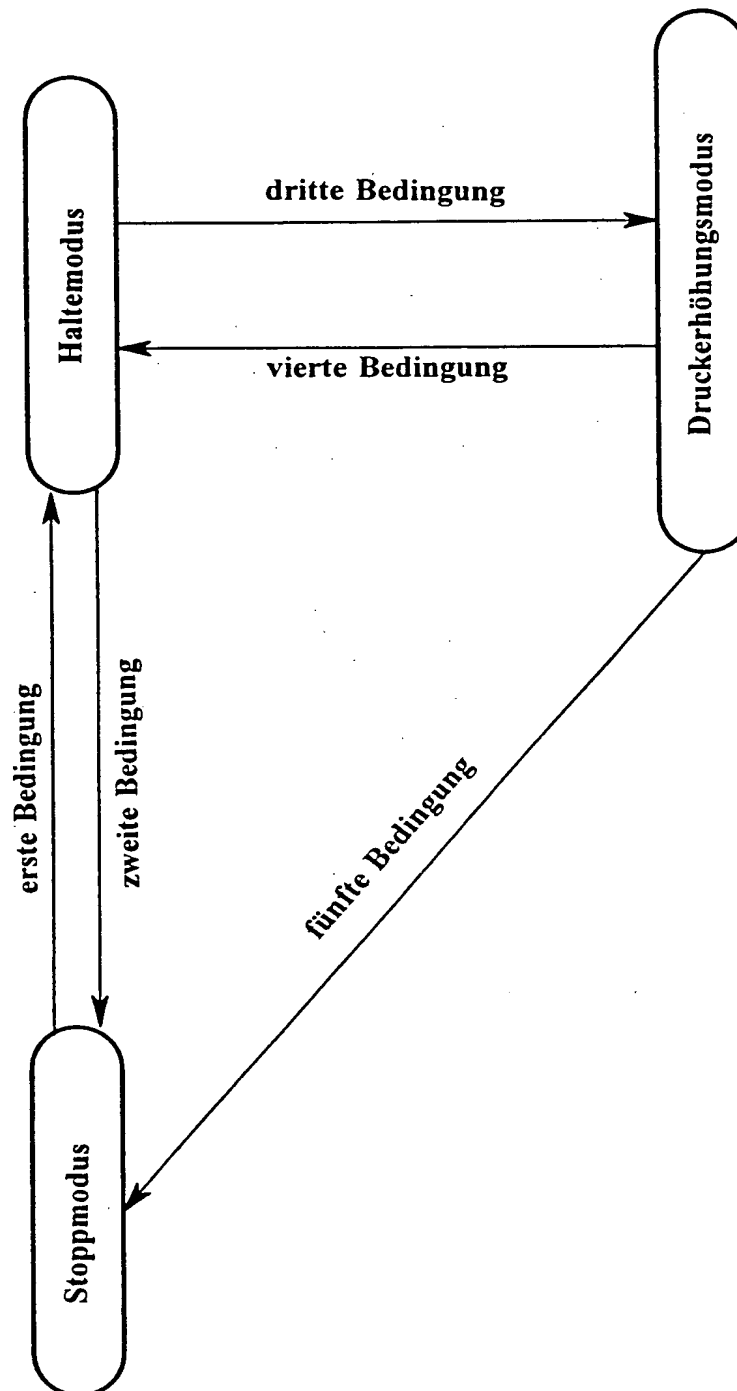


FIG.5

